

Les promesses de l'enseignement intégré de science et technologie (EIST) : de la « fausse monnaie » ?

Laurence Viennot

LDAR, PRES Sorbonne Paris Cité, Université Paris Diderot

Résumé

Les principes de base de l'EIST, notamment l'ancrage affiché de ce projet dans « la démarche d'investigation », présentent des risques relatifs à la cohérence des raisonnements mis en œuvre et à l'image de la science. Après une première caractérisation, ces risques sont illustrés à partir de deux documents mis à la disposition d'enseignants pour appuyer cet enseignement et d'un troisième proposé pour la classe de seconde. Les incohérences qui y sont notées et le fait qu'elles n'aient pas été relevées par les experts à l'origine de ces ressources sont discutées comme possible émergence de phénomènes non anecdotiques, notamment « l'explication-écho » et l'« anesthésie du jugement », dont l'impact est probablement amplifié par la situation d'enseignement proposée en EIST. La discussion finale pointe l'intérêt d'établir des liens conceptuels au delà des seuls résultats d'expériences et l'importance cruciale d'une prise de conscience au niveau épistémologique, portant notamment sur la généralisation d'un résultat expérimental, ceci dans l'éventualité où les risques soulignés dans cet article seraient reconnus comme devant être gardés sous contrôle.

Abstract

Given the principles on which the Integrated Science and Technology Teaching (ISTT) is built, in particular its grounding on an inquiry-based approach, this kind of teaching is exposed to some risks concerning the consistency of the lines of reasoning called upon and the image of science that may stem from it. These risks are first described, drawing on previous research concerning features commonly observed in experts' explanations or in their reactions to explanations by others. Then, two documents in support of this teaching, intended for teachers engaged with *ISTT* (grade 8 and 9), and another one used analogously in grade 10, are analyzed in order to illustrate these risks. The inconsistencies pinpointed in these texts, and the fact that they have not been detected by the experts in charge of their spreading, are discussed as possible outcomes of some recurrent phenomena, e.g. "echo-explanation" and "anaesthesia of judgment". The final discussion bears on the importance of maximizing the conceptual links, beyond mere discussion of the outcome of an isolated experiment. It underlines the need of an epistemological vigilance, in particular as far as generalization is concerned, if the risks discussed in this paper are to be kept under control.

Mots clés

Enseignement intégré de science et technologie, investigation, vulgarisation scientifique, explication-écho, anesthésie du jugement.

Integrated science and technology teaching, inquiry, popularization of science, eco-explanation, anaesthesia of judgment.

Introduction

Il est frappant d'observer, dans les textes présentant l'enseignement intégré des sciences et des techniques (*EIST*), l'évocation pour ce projet de nombreux bénéfices. Sans reprendre en détail les caractéristiques de l'*EIST* (MEN 2007a, b, 2011) soulignons quelques mots clés associés à ces attentes. Il s'agit de travailler « dans le sillage de la Main à la Pâte », emblème français de la démarche d'investigation. Autre mesure phare : la contribution d'enseignants de disciplines différentes (sciences de la vie, sciences physiques et chimiques, technologie) à la construction des compétences et de la compréhension des élèves à propos de thèmes variés. Les concepts associés à ces thèmes ne sont pas enseignés en tant que tels, mais plutôt rencontrés à propos des séquences proposées.

Parmi les bénéfices annoncés, on trouve en bonne place la perception de la science comme visant une description cohérente du monde, ainsi qu'un premier accès à une compréhension du travail des chercheurs. C'est sur ce double plan que se situe la réflexion présentée ici. Ces objectifs sont très ambitieux, pour des élèves encore peu avancés dans l'éducation scientifique. Ils ont en commun de mettre en jeu le raisonnement, lequel est d'ailleurs largement évoqué dans les attendus des textes officiels. C'est via le raisonnement que s'évalue la cohérence de tous les éléments de sciences acceptés ou en voie de l'être, que ce soit dans la communauté scientifique ou à la suite d'une investigation en classe. Le souci de cohérence est ce qui rassemble les deux objectifs que l'on vient de citer, car précisément tant que celle-ci fait défaut (ou n'a pas été vérifiée), on ne peut parler de résultat accepté, et la recherche n'est pas close. Processus sans fin, bien entendu, mais déjà bien avancé à l'échelle de l'humanité (Ogborn 1997).

Face à l'ambition officielle, on peut relever de sérieux doutes ou du moins une conscience des obstacles qui ne date pas d'hier. Ainsi l'inspecteur général Guy Lazerges (1953), parlant de l'attitude des élèves devant le résultat d'une expérience : « (...) ; *il ne leur arrive pour ainsi dire jamais de discuter sa valeur en tant que preuve, et on peut leur passer à cet égard toute la fausse monnaie qu'on voudra sans soulever de protestations (...). Ces élèves consentants sont un échec important sur un de nos principaux objectifs. Nous ne serons sûrs de donner un enseignement expérimental que lorsque nos élèves seront devant l'expérience en état permanent de rébellion, de rébellion intellectuelle s'entend.* » Pour ce qui est des explications qui parviennent aux élèves hors expérimentation directe, une telle « rébellion » serait également bienvenue. Et puisqu'il s'agit de rébellion intellectuelle, c'est bien du raisonnement qu'il s'agit. En langage moins imagé, le « sens critique » tant évoqué par les textes actuels ne saurait se passer de raisonnement. L'inspecteur Guy Lazerges nous rappelle la difficulté de l'exercice.

Problématique

Dans quelle mesure l'*EIST* s'expose-t-il à être un lieu de distribution de « fausse monnaie » ? L'analyse qui suit trouve sa source dans cette prise de position : les principes de base de l'*EIST* présentent des risques relatifs à la cohérence des raisonnements et à l'image de la science. La perspective est ici d'illustrer de tels risques et d'en esquisser quelques éléments d'analyse.

Une réflexion *a priori* portera sur l'ampleur du risque, compte tenu, notamment, de caractères déjà communément observés dans les explications fournies par des experts ou dans leurs réactions à celles souvent proposées à des publics peu spécialisés en science.

Le terrain d'étude sera ensuite celui de documents proposés en appui à ce type d'enseignement par certains de ses promoteurs. Il s'agira alors non pas de stigmatiser des ressources qui prêtent le flanc à la critique sur le plan qui oriente cette étude mais d'y observer la trace éventuelle de phénomènes repérables, en lien avec la réflexion menée *a priori*.

On s'interrogera ensuite sur les lignes d'attention et d'action que cette étude suggère de suivre, dans l'éventualité où il apparaîtrait souhaitable d'éviter les écueils ainsi mis au jour.

Tels sont les moments de cette analyse, menée, répétons-le, dans la perspective de favoriser prise de conscience et motivation chez les élèves et les enseignants à propos du fait que la science est une tentative de description cohérente, unifiée, largement prédictive du monde matériel. La préoccupation qui oriente, de manière cruciale, ce questionnement a trait au raisonnement scientifique, et aux chances qui sont offertes par l'*EIST* à cette activité.

L'ampleur du risque : analyse *a priori*

L'histoire des sciences se charge de nous rappeler combien le bilan intellectuel des résultats de l'expérience courante, et même celui des expériences contrôlées, se sont révélés laborieux. La recherche de cohérence s'accompagne de controverses sinon d'impasses. La connaissance commune, au sens bachelardien (Bachelard 1938), est loin d'être la seule responsable de cette difficulté. La non évidence et la multiplicité des variables pertinentes n'est pas le moindre des obstacles. L'objet ne dicte pas ses questions, l'expérience construite ne conduit pas de manière évidente à la généralisation. En règle générale, une expérience isolée ne suffit pas à garantir une conclusion utile, en dehors d'un ensemble de savoirs antérieurs et de théorisation hypothétique. En termes d'image de l'activité scientifique, acter cet état de fait pourrait être un objectif. A cela s'oppose, en pratique, le désir de motiver les élèves et de leur présenter, justement, la science de manière accessible voire familière. De là le soupçon de fausse monnaie émis par Guy Lazerges.

Par ailleurs, des études antérieures ont conduit au constat suivant : une tendance forte des formateurs d'élèves ou d'enseignants consiste à pratiquer une forme d'explication qui se calque sur les tendances du raisonnement commun : l'explication-écho (Viennot 2007, 2010, 2011a, Colin 2011). Parmi ces tendances, au premier chef, on trouve des raisonnements en forme de récits, enchaînant de façon plus ou moins explicitement chronologique des relations causales simples : une cause, un effet. On n'y envisage qu'une variable, un phénomène simple à la fois. Loin de la prise en compte simultanée de toutes les variables potentiellement pertinentes, c'est la structure en récit du « raisonnement linéaire causal » qui prévaut (Rozier & Viennot 1991). On peut relever ici le propos, très global, du prix Nobel Daniel Kahneman (2012, 36): « Il faut faire un effort pour garder en tête simultanément plusieurs idées qui nécessitent des actions distinctes ou qui doivent être combinées selon une règle donnée »¹. Or,

¹ Notre traduction pour : « (...) Effort is required to maintain simultaneously several ideas that require separate actions or that need to be combined according to a rule ».

les auteurs de textes d'initiation scientifique, en règle générale, cherchent à éviter l'impression d'effort, même s'ils n'en nient pas explicitement la nécessité. Il n'est pas anodin que, parlant de Pierre Gilles de Gennes, le préfacier du livre où figure l'extrait commenté plus loin qualifiait ce scientifique de « merveilleux conteur, (*qui*) nous entraînait dans un récit (...) » si bien qu' « Alors tout devenait clair » (Léna 2010, 5). Nous sommes en effet, en général, friands de récits qui donnent l'impression de comprendre sans effort.

Le label d'« explication-écho » est là pour évoquer la mise en résonance des tendances intellectuelles de ceux qui apprennent par ceux qui enseignent ou qui informent. Il est peu risqué de prédire que, dans le bien-être qui en résulte, le jugement critique de tous les partenaires pourrait bien s'éteindre. Les exemples compatibles avec cette hypothèse abondent. Il est important de souligner que cette mise en résonance est relevée ici tout particulièrement en tant qu'elle limite voire détourne complètement l'explication scientifiquement admise. Le bien-être ainsi évoqué n'est donc pas à proprement parler du registre de ce que l'on nomme souvent « le plaisir d'apprendre », mais plutôt des facilités du « Thinking fast » de Kahneman (*ibid.*).

Quant à l'expression d' « anesthésie du jugement » (Viennot 2011b, 86), elle est employée pour signaler des cas où il est particulièrement clair que ce n'est pas par manque de connaissance de la part des protagonistes qu'un texte incohérent est proposé ou accepté sans questionnement.

Sans doute serait-il abusif d'attribuer entièrement les cas d'anesthésie du jugement aux facilités qu'offre l'explication-écho. Le fait d'aboutir au résultat accepté contribue probablement largement à l'absence de « rébellion », comme le suggère encore Kahneman (2012, 45) : « Cette expérience suggère que quand les gens pensent qu'une conclusion est vraie, il est très probable qu'ils adhéreront à un raisonnement qui appuie cette conclusion, même si les éléments de l'argumentation ne tiennent pas »². Prenons le cas de la montgolfière, sujet classique d'application du théorème d'Archimède. Lorsque le calcul visé se conduit avec l'hypothèse classiquement proposée - la pression interne est égale à la pression atmosphérique (extérieure) - , le résultat sur la température nécessaire au décollage est tout à fait acceptable, et le contrat semble rempli. Que l'hypothèse débouche sur une absurdité passe alors totalement inaperçu. Il ne s'agit pourtant pas d'un détail : l'hydrostatique relève constitutivement de l'existence de gradients de pression. Dans un champ de pression uniforme, pas de sustentation, pas de flottaison. Les variations de pression du haut en bas de la montgolfière sont très faibles, mais essentielles dans l'explication du phénomène. L'unanimité dans la non-détection du problème ainsi posé (Viennot 2006) fait de celle-ci un véritable phénomène d'anesthésie du jugement. La simplification proposée est certes absurde, mais elle mène au « bon » résultat : pourquoi la remettre en cause ?

On observe un phénomène analogue avec l'expérience de Lavoisier sur la composition de l'air (Lavoisier 1789). L'usage commun de cette expérience (en quatrième, dans de nombreux

² Notre traduction pour : «This experiment (...) suggests that when people believe a conclusion is true, they are also very likely to believe an argument that appears to support it, even when these arguments are unsound»

livres : voir Boizier 2012) est d'en faire une illustration d'une démarche de découverte. Le raisonnement suggéré repose sur l'observation du produit de l'oxydation du mercure chauffé sous une cloche à air, et d'une situation finale où le gaz restant (l'oxygène a servi à l'oxydation) ne permet pas la survie de souris (c'est de l'azote). Ce résultat semble on ne peut plus acceptable, puisqu'effectivement, à quelques gaz rares près, l'air est bien composé d'oxygène et d'azote dans des proportions en gros compatibles avec l'expérience. Mais qui nous dit que cette réaction d'oxydation ne produit pas de gaz, tel le dioxyde de carbone qui se dégage lorsqu'une chandelle brûle sous une cloche à air retournée sur de l'eau ? Sans parler de la vapeur de mercure ... Sans autre information, l'expérience ne permet nullement d'en *déduire* la composition de l'air. Mais puisqu'on tient le bon résultat, à quoi bon s'inquiéter de l'invalidité d'un raisonnement ?

Ces notions d'explication-écho et d'anesthésie du jugement sont aussi particulièrement utiles en matière de vulgarisation. Il n'est pas surprenant qu'elles trouvent ici leur utilité, puisqu'une des questions qui se posent avec l'*EIST* est la frontière, déjà questionnée par la revue Spirale (2011, n°48), entre enseignement et vulgarisation.

La façon dont ces risques peuvent se manifester dans le contexte de l'*EIST* est maintenant examinée, à titre symptomatique, à la faveur de trois documents plus ou moins directement associés à ce programme d'enseignement. Un DVD diffusé par la Direction Générale de l'Enseignement Scolaire à destination des enseignants (DGESCO) illustre la difficulté de conclure une séquence d'investigation. Un texte de livre (Guyon *et al.* 2010), également associé à la promotion de l'*EIST*, manifeste certaines conséquences du style vulgarisant. Enfin un dernier document, proposé par la DGESCO pour un travail d'analyse par des élèves de seconde, est légèrement décalé par rapport à l'*EIST*. Il illustre néanmoins de façon utile, lui aussi, la question de l'origine des phénomènes d'anesthésie de jugement, et donc des risques qui concernent aussi bien les concepteurs de ressources pour l'*EIST*.

Instanciation des risques : analyse de trois documents

Un DVD pour la promotion de l'EIST

Un DVD présenté par la DGESCO présente, sous forme d'extraits filmés en vidéo, plusieurs exemples de séances fondées sur « la démarche d'investigation ». Celles-ci sont prévues pour le niveau 6^{me}-5^{me} et organisées autour de cinq thèmes. Il est dit qu'il ne s'agit pas de séances modèles. Cependant, le but affiché est de faciliter le développement de l'*EIST*, « dans le sillage de la Main à la Pâte », en encourageant et en illustrant cette pratique.

L'ensemble porte les logos du Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Académie des sciences, de l'Académie des technologies, du SCEREN (CNDP-CRDP). Il est accompagné de « points de vue » de diverses personnalités (dont plusieurs académiciens). Il comprend d'autres éléments décrivant et valorisant notamment la « Démarche d'investigation » et l'« Interdisciplinarité ».

Éléments retenus pour l'analyse

L'une de ces suites de séances, notamment, est retenue ici car elle souligne fortement les difficultés intrinsèques de l'exercice. Il s'agit du thème de l'isolation thermique. Comme pour les autres thèmes, la présentation se fait via une série d'épisodes, où l'on observe divers groupes encadrés par trois professeurs (de SVT, Technologie et Sciences Physiques) intervenant à tour de rôle. Dans cette séquence composite, chaque épisode illustre une phase de la démarche (en italique et entre guillemets ci-dessous) :

Après l' « *Identification du problème point de départ de la recherche* » (nous sommes sur Mars et il faut froid) « *Les élèves proposent des stratégies pour traiter le problème posé* ». Au tableau, la question : « *Comment se protéger du chaud et du froid pour les bâtiments et les vêtements ?* ».

P (Professeur) - Alors, pour répondre à cette question nous allons essayer de faire une liste des matériaux que nous pourrions utiliser. Donc, à vous de faire des propositions, maintenant.

Après cet encouragement du professeur vient la phase labellisée « *Recueil d'idées et protocoles d'expérience.* »

E (Un élève)- Des couvertures de survie

P- Des couvertures de survie. Alors, est-ce que tu connais quel est le matériau ? Qu'est-ce qu'il y a sur une couverture de survie justement qui permet la survie ?

E- De l'aluminium

P- Oui ? Pour certaines, oui. Donc maintenant, on va lister les matériaux. Je vais écrire au tableau et puis on prendra seulement une partie de ces matériaux puisque nous n'avons pas ...

Le cœur de la séquence comporte alors des propositions de matériaux par les élèves, l'émission d'« hypothèses », la mise en place d'expériences, le tout avec des élèves bien actifs et impliqués dans la discussion. Ainsi des récipients de la taille d'un gobelet sont remplis d'eau chaude et recouverts de plaques constituées de divers matériaux. On met un glaçon sur chaque récipient et on observe, de façon comparative, la chronologie de fonte du glaçon. Dans un autre épisode, l'expérience est faite en mettant directement la plaque de matériau sur la paille : là encore c'est avec l'aluminium que le glaçon fond le plus vite.

Voici une phase cruciale d'un échange entre professeur et élèves :

P- Alors, là ça fond plus vite, ça veut dire que l'aluminium (« *retour sur l'hypothèse de départ* »). Est-ce que c'est un bon isolant ?

E- Non,

P- Non. Est-ce qu'il peut nous protéger contre le froid ?

(Les élèves en chœur)- Non

P- Mais par contre peut-être contre le chaud (*d'autres expériences conduiront à conclure que l'aluminium est le moins bon isolant*).

Loin d'établir un bilan d'ensemble, l'analyse présentée ici se concentre sur deux remarques.

- Dans aucune des expériences présentées, il n'y a (dans le DVD) mention des dimensions géométriques du matériau testé comme facteurs à prendre en compte.

- Le dernier épisode cité ici présente deux conclusions qui semblent acceptées par tous et peuvent se formuler ainsi : l'aluminium n'est pas un bon isolant, et il ne peut nous protéger

contre le froid. Le premier énoncé est confirmé par la suite, le second n'est, nulle part dans le DVD, rapproché de l'existence de couvertures de survie comprenant de l'aluminium.

Discussion

Chacun des points relevés illustre une difficulté classique.

La première est que, lors de l'analyse des facteurs hypothétiquement déterminants pour le phénomène étudié, on ne sait jamais si on n'en n'a pas ignoré un ou plusieurs autres qui sont pertinents. Un oubli majeur peut passer inaperçu, notamment si, comme ici, sans même en parler, on utilise des plaques de dimensions certes différentes mais suffisamment voisines pour que l'effet du facteur explicitement ciblé se révèle dominant. « On ne peut pas tout dire du premier coup » est un commentaire auquel s'attendre dans une discussion entre enseignants sur ce point. Mais ne dit-on pas, par exemple, qu'il faut « mettre plusieurs épaisseurs » quand il fait froid ? Plus largement, ceci illustre la stratégie de « mise sous le tapis » d'une variable, consistant à neutraliser cette variable sans le dire. Cette sorte d'escamotage permet néanmoins, en cas de critique, d'arguer *a posteriori* que l'expérience est valable puisque, par exemple, les épaisseurs en cause ici sont voisines.

La seconde remarque porte sur la non-reprise d'une conclusion - on ne peut pas se protéger du froid avec l'aluminium – qui est problématique car en contradiction flagrante avec un élément de savoir qui avait été accepté en début de séquence : l'usage bénéfique des couvertures de survie. Peu importe que, du fait du caractère composite de l'illustration on ne sache pas si les mêmes élèves ont entendu ces deux énoncés contradictoires. L'enseignant qui, pour se former, visionne ce DVD ne saura pas s'il faut affronter une telle discussion ni comment la mener. Vu du DVD, il n'y a pas de problème.

De telles difficultés méritent une attention qui aille au-delà du procès pour négligence.

Qu'un facteur (remarque 1 : les dimensions, la couleur ...) et/ou un phénomène (remarque 2 : le transfert d'énergie par rayonnement, par convection) soient ignorés, c'est toujours la difficulté de tirer une conclusion générale (et dans quel domaine de validité ?) qui apparaît. En termes d'image de l'activité scientifique, c'est un rappel cuisant à la difficulté de conclure quoi que ce soit avec une seule expérience, surtout lorsqu'on ne dispose d'aucun élément d'explication.

La seconde remarque amène en outre un constat véritablement surprenant. Faire si peu de cas d'une contradiction explicite, ne pas même la reconnaître, c'est aussi ne pas reconnaître la difficulté intrinsèque que l'on vient de formuler. Y aurait-il un obstacle insurmontable à acter le fait que la phase de conclusion d'une démarche d'investigation est sujette à caution, dès lors qu'une généralisation est avancée ?

Pour la suite de la discussion, retenons deux éléments de cette analyse. L'un est qu'en l'absence de théorisation préalable, il est particulièrement difficile de tirer une conclusion générale d'une seule expérience ; ceci du fait de l'ignorance possible de facteurs pertinents ou de phénomènes co-occurents à celui que l'on pense expérimenter. L'autre est que cette

situation-même peut être ignorée, *de facto*, y compris par des concepteurs de documents d'appui à l'*EIST*.

Il est peu risqué d'avancer que la préférence commune pour les explications linéaires causales ne favorise pas la prise en compte de plusieurs facteurs ou de plusieurs phénomènes à la fois. On parle bien de contrôle des facteurs, lorsque l'on a idée de ceux qui risquent de compter, et on cherche bien, dans les meilleurs des cas, à travailler « toutes choses égales par ailleurs ». Mais toute l'inconnue est dans ce « toutes choses », que l'on ne connaît pas d'avance. Qui pouvait savoir, parmi les élèves filmés dans ce DVD, que, ce que l'aluminium ne pouvait faire du fait de sa conductivité thermique (protéger du froid), ce matériau pouvait l'assurer du fait de ses propriétés radiatives ?

Quant à la non-prise en compte de l'incohérence due à une généralisation abusive, on pourrait avancer qu'il s'agit d'un transfert au niveau méthodologique des limitations du raisonnement linéaire causal. Le parcours de découverte serait ainsi implicitement « linéarisé » : une observation, une question, une hypothèse, une expérience, une conclusion, un énoncé général. A ce stade de notre analyse, cette interprétation est encore très conjecturale, et l'on peut souhaiter mieux comprendre un tel blocage.

Un document de vulga-formation

Le document analysé maintenant relève de ce néologisme – vulga-formation – utilisé ici pour associer l'idée de formation et celle de vulgarisation. Devant le besoin d'appuyer l'effort d'enseignants non spécialistes d'une discipline scientifique cherchant à l'aborder malgré tout, version *La main à la pâte* ou *EIST*, des textes ont été rassemblés en ouvrages informatifs à l'intention de ce public, des parents, et même, à en croire telle ou telle préface, de tous. Ces textes ont pu être rédigés à cet effet ou adaptés d'articles antérieurs de vulgarisation, type encarts de la revue *Pour la Science*. Ils proviennent en règle générale de spécialistes reconnus. Ainsi le livre de Guyon *et al.* (2010). *Matière et matériaux, De quoi est fait le monde ?*, destiné à appuyer le thème éponyme du niveau 6^{me}-5^{me} de l'*EIST*, se termine-t-il sur ce qui pourrait être une définition de la vulga-formation: « Il est rare que nous fassions l'effort d'interroger nos savoirs experts dans une perspective large, interdisciplinaire, créatrice de sens et que nous fassions, comme dans ce livre, le lien entre ces deux langues : la langue vernaculaire que chacun utilise dans sa vie courante et la langue scientifique que parle la communauté des chercheurs et qui a pour but l'universel » (Serres 2010). Pas davantage que pour le document précédent nous ne tentons un bilan des aspects positifs et négatifs de ce livre très riche en informations. Au contraire, nous pointons spécifiquement une difficulté, pour illustrer un risque.

Eléments retenus pour l'analyse

Dans un chapitre du livre, intitulé *Capillarité et mouillage*, un paragraphe (p. 271) traite de l'ascension capillaire. Il est illustré d'une figure présentant quatre tubes verticaux de diamètre intérieur décroissant reposant dans une cuve pleine d'eau, ouverts aux deux extrémités, dépassant de l'eau. Dans chacun des tubes on observe une montée du liquide au dessus du

niveau de la cuve. Cette ascension est d'autant plus importante que le diamètre intérieur du tube est faible.

L'élément intrigant provient de la comparaison du texte et de la légende de la figure. Selon le texte :

« Si l'on plonge un tube de verre verticalement dans l'eau, on constate que l'eau monte un peu le long des parois, en formant un ménisque dont la convexité est tournée vers le bas. Cela signifie, nous rappelle la loi de Laplace (...), que la pression immédiatement sous le ménisque possède une valeur plus élevée que celle de l'atmosphère juste au dessus. C'est ce déséquilibre qui explique l'ascension (...). Plus le diamètre du tube est petit, plus la courbure de l'interface est forte et plus la différence de pression de part et d'autre de l'interface – et donc l'ascension de l'eau dans le tube - est grande (...). »

La légende fait ce même constat (plus le diamètre intérieur est petit, plus l'ascension est importante) mais l'explique ainsi :

« (...) parce que la courbure du ménisque (...) est d'autant plus grande que le tube est de petit diamètre : il en résulte, d'après la loi de Laplace –Young, une plus grande dépression de l'eau dans le tube. »

La situation à propos du tube le plus fin est donc celle-ci. Selon que l'on lit le texte ou la légende, la pression sous le ménisque est alors la plus grande (et supérieure à la pression atmosphérique) ou la plus petite (et inférieure à la pression atmosphérique). Il y a contradiction interne.

Ascension capillaire : analyse d'une contradiction

On peut analyser chacune de ces argumentations en fonction du statut explicatif qui leur est commun.

« C'est ce déséquilibre qui explique l'ascension », lit-on dans le texte. Pour qu'un déséquilibre de pression explique une ascension, il faut que la pression en dessous du ménisque soit plus grande que la pression au dessus. C'est le cas de dire que nécessité fait loi, ... mais ici, loi fausse. En fait, la loi de Laplace nous dit que la pression est supérieure dans la partie convexe, dans l'air.

La légende, elle, attribue le résultat directement à la courbure du ménisque, comme si celui-ci tirait vers le haut sur le liquide (ce n'est pas dit). En conséquence, il en résulte « une plus grande dépression de l'eau dans le tube ».

En bref: en tant que cause de l'ascension du ménisque, la pression doit être plus grande dans l'eau que dans l'air, en tant qu'effet, la pression dans l'eau est plus faible que dans l'air.

Le raisonnement linéaire causal tant pratiqué par les formateurs et les vulgarisateurs, en mode « explication-écho », montre ici toutes ses limites. Selon le point d'entrée, une affirmation et son contraire ont droit de cité.

En fait, ni la pression sous le ménisque, ni la courbure du ménisque ne peuvent résumer la cause du phénomène. S'il faut en proposer une, les forces d'attraction des molécules d'eau par celles du verre, d'ailleurs perpendiculaires à la paroi (et donc horizontales) au niveau du ménisque, font mieux l'affaire (Marchand *et al.* 2011). Mais elles le font de manière fort complexe, car il s'agit d'un système où la causalité ne se promène pas, si l'on ose dire, en laissant une trace linéaire derrière elle. L'ambition explicative simplificatrice, et l'interprétation causale d'une formule apparaissent alors comme autant de pièges où l'auteur lui-même s'est empêtré.

Avec ce passage de vulga-formation, nous nous retrouvons dans une situation analogue au cas précédent. Une interprétation, certes toujours hypothétique, mais éprouvée ailleurs, se présente pour les limites de chacune des explications observées. Mais nous sommes plus démunis devant cette question : comment se fait-il que le système d'alerte à la contradiction ne se soit pas mis en marche, ni chez l'auteur, ni chez les relecteurs ? Encore une fois, l'idée d'anesthésie du jugement retraduit, plus qu'elle n'explique, la situation.

Un document DGESCO d'appui pour la classe de seconde.

Éléments retenus pour l'analyse

Bien que ne concernant pas directement le niveau prévu pour l'*EIST*, un dernier document peut contribuer à caractériser les risques d'un enseignement organisé autour d'un thème et qui se veut, comme l'*EIST*, dans l'esprit de la démarche d'investigation. Il est prévu pour la classe de seconde. Un texte provenant d'une revue de vulgarisation est fourni sur le site « EDUSCOL » (MEN-DGESCO 2010) à propos du thème « sport » ; il s'agit de proposer des questions aux élèves pour qu'ils en tirent le meilleur profit (voir l'annexe).

Nous soulignons l'extrait suivant :

« Michel Fournier, (...), a annoncé son intention d'effectuer en septembre un saut en chute libre de 40 000 mètres d'altitude au-dessus du Canada. (...). Pour réaliser cet exploit, il sera équipé d'une combinaison pressurisée proche de celles utilisées par les astronautes mais modifiée pour résister à des températures extrêmement basses (moins 110 degrés Celsius) et équipée d'un parachute. Il atteindra l'altitude de 40 000 mètres en trois heures environ, à bord d'une nacelle, elle aussi pressurisée, et tirée par un ballon gonflé à l'hélium. La durée du saut est évaluée à six minutes vingt-cinq secondes. En l'absence de pression atmosphérique, Fournier dépassera la vitesse du son (1067 kilomètres/heure) trente secondes environ après son départ en position verticale. Il sera ensuite progressivement freiné dans sa chute par la densification de l'air. (...) ».

Nous sommes ainsi confrontés à un article de presse, qui, pour une utilisation scolaire, appelle des commentaires. Voici en effet un ballon dont on nous dit qu'il a pu monter et se maintenir en un lieu où – si l'on prend le texte au pied de la lettre – il n'y a pas d'air. Bien entendu aucun ballon ne peut se maintenir en altitude sans que l'air extérieur n'assure la sustentation ; toute flottaison en un point fixe d'un champ de pesanteur suppose l'action d'un fluide extérieur liquide ou gazeux. Certes, les mobiles propulsés par un moteur à réaction s'appuient sur les gaz éjectés, même en l'absence d'atmosphère. Mais là, rien de tel. Il est strictement impossible qu'un ballon, fût-il rempli d'hélium, demeure en un lieu sans gaz extérieur.

Or dans les commentaires suggérés sur le site EDUSCOL (voir l'annexe), on ne trouve pas la moindre allusion à cette expression du texte : « en l'absence de pression atmosphérique ».

Une contradiction inaperçue : comment expliquer ce fait ?

Nous ne sommes pas ici dans un cas de contradiction interne directe, comme dans les deux cas précédents. Est ici pointé un rapprochement qui, moyennant une certaine connaissance sur la flottaison, conduit à une contradiction de ce fait qualifiée d'« externe ». Soulignons cependant que la connaissance requise pour détecter celle-ci est tout à fait élémentaire. Il est donc surprenant que les autorités académiques concernées aient exposé ce document sans précaution sur un site d'appui à l'enseignement en seconde. Comment expliquer ce nouveau cas d'« anesthésie du jugement » ? Quelques éléments d'information peuvent nous permettre d'aller (un peu) plus loin, cette fois, que la labellisation du phénomène.

Lors d'une étude sur ce point³, vingt neuf personnes ont été confrontées à ce texte pendant 10 minutes. Les personnes concernées sont des doctorants en physique, moniteurs en formation à l'enseignement (N=23, Université Paris-Diderot), ou d'autres enseignants de physique (6). Elles ont donc toutes *a priori* les connaissances nécessaires à la détection de la contradiction en cause ici. Elles se sont vu demander quelles questions elles poseraient à des élèves de seconde, voire de niveau plus élevé (alors à spécifier), à propos de ce texte « dans le but d'en tirer le meilleur parti éducatif », les réponses étant recueillies par écrit. L'annexe récapitule les thèmes relevés par ces personnes.

On n'y trouve pas trace du problème que pose l'absence de pression atmosphérique du point de vue de la sustentation du ballon. Les questions suggérées portent sur la physique de l'atmosphère et la pressurisation (35), la vitesse du son (10), l'hélium et le mécanisme de montée (34), enfin et surtout sur la chute du parachutiste (68). Deux (sur 29) personnes évoquent l'éventualité d'une limite d'altitude à la montée, sans plus et sans mentionner l'expression « en l'absence de pression atmosphérique » présente dans le texte. Aucune ne questionne directement la possibilité, pour un ballon, d'être en sustentation « en l'absence de pression atmosphérique ».

On ne voit donc pas, dans cet échantillon, trace de détection de la contradiction pointée plus haut, à deux exceptions - éventuelles - près.

A titre hypothétique, deux interprétations non exclusives se présentent, sans préjuger d'autres éventualités.

Il se peut que l'expert retraduise en temps réel, en cours de lecture, l'expression « en l'absence de pression atmosphérique » en celle-ci : « dans une atmosphère très raréfiée », sans même en être conscient.

Il se peut aussi que l'attention soit si bien focalisée par le texte sur le phénomène marquant – la chute – que l'expression « en l'absence de pression atmosphérique » trouve de ce côté-là toute sa légitimité. En effet, du point de vue de la chute, les expressions « pas de pression atmosphérique » ou « une pression atmosphérique très faible » prennent une signification quasi analogue. Tel n'est pas, de très loin, le cas concernant la montée du ballon, pour laquelle l'existence d'une pression atmosphérique non nulle, même très faible, est essentielle. Certes, le mécanisme de montée a également fait l'objet d'un nombre substantiel de propositions de question, mais la mention « en l'absence de pression atmosphérique » intervient seulement, dans le texte, alors que le récit en est à la phase de chute. Le propre du récit, dans sa forme prototypique, est qu'à chaque épisode les précédents sont terminés : y revenir n'est pas très naturel.

³ L. Viennot, en cours

Dans cette seconde hypothèse, le facteur de risque pour l'anesthésie de l'expert n'est pas qu'il connait trop le sujet, mais plutôt que, suivant la logique d'un texte vulgarisant, il suit le fil (unique) d'un récit bien centré, comme il se doit, sur le héros de l'histoire. Les rapprochements entre étapes du texte ne vont pas de soi.

En tout état de cause, la question principale est l'effet sur l'élève de la pratique d'activités intellectuelles qui laissent des trous aussi béants dans la cohérence en principe attendue de l'analyse physique.

Récapitulation des risques et discussion sur leur limitation

La section précédente permet d'illustrer des éléments de risques relatifs aux ambitions de l'*EIST*. Les documents analysés sont relatifs, respectivement, à une séquence d'investigation expérimentale, un extrait de livre de vulga-formation et un document extrait d'un journal, support recommandé par la DGESCO pour un travail d'analyse critique en classe de seconde. Ces documents couvrent donc plusieurs des éléments essentiels intervenant dans l'*EIST*. Ils sont produits par des personnes et/ou des instances très proches des promoteurs de l'*EIST*, ou, pour le troisième document, travaillant dans une perspective qui s'en rapproche. Ils semblent donc à tout le moins représentatifs non pas de l'ensemble des documents mis à disposition des enseignants mais des risques auxquels peuvent contribuer certaines de ces ressources. Ils ont été choisis pour leur caractère problématique, à titre de révélateurs.

Nous relevons ici les éléments discutables, en tant que phénomènes et non comme traduction d'une négligence anecdotique. Quant aux « risques » en question, il s'agit ici de ce qui peut faire obstacle au raisonnement, dont un élément essentiel est la recherche de cohérence.

Les deux premiers cas sont ceux d'incohérences frontales entre deux énoncés proposés : on dit une chose et son contraire. Le troisième présente une contradiction entre deux affirmations incompatibles en théorie (et en pratique) physique : il faut cette fois un minimum de connaissance pour en être alarmé.

Parmi les interprétations esquissées pour la production des énoncés incriminés on trouve

- dans le premier cas, une généralisation abusive;
- dans le second cas, les risques des explications calquées sur le raisonnement linéaire causal (explications-échos) ;
- dans le troisième, la réinterprétation inconsciente d'un texte par l'expert, qui sait comment transformer le texte pour qu'il soit acceptable, et/ou la monopolisation de l'attention par l'histoire du héros principal et du phénomène central : la chute du héros.

Reste à comprendre comment les alarmes ne se déclenchent pas chez les concepteurs, plus généralement des experts, qui ont en principe les moyens de réaliser les incohérences en cause.

Dans les deux derniers cas, on peut penser que la force du phénomène générateur est telle qu'elle annihile (« anesthésie ») la critique *a posteriori*.

Dans le premier, on pourrait penser qu'une foi inébranlable dans les vertus de l'investigation balaye la prise en compte de ses limites. Si l'on croit que l'on peut conclure une généralité sur la base d'une expérience isolée, alors une étape de déstabilisation, de doute, de prise de conscience d'une contradiction, devient trop rude à gérer. Or le nœud gordien, dans cette histoire, réside dans la généralisation : celle-ci est incontrôlable en l'absence d'une confrontation théorisée entre diverses expériences, méthode qui précisément a conduit aux théories acceptées. A ce propos, l'avertissement de Vilches et Gil-Perez (2012, 96) est à garder en mémoire: «Il faut se garder d'un éventuel réductionnisme expérimental : la mise à

l'épreuve expérimentale ne suffit pas pour accepter ou rejeter une hypothèse; il nous faut vérifier s'il y a ou non cohérence entre ces résultats et les connaissances disponibles»⁴

Globalement, la difficulté d'approches peu appuyées sur une architecture conceptuelle, telles, ici, l'investigation expérimentale des propriétés des matériaux, l'analyse de facteurs de l'ascension capillaire ou la montée d'un ballon en haute atmosphère, tient beaucoup au handicap de l'*unicité*, dans une pratique au coup par coup. Unicité d'une expérience qui rend problématique toute généralisation ; unicité des causes et des effets de l'ascension capillaire dans chaque maillon de chaînes explicatives causales, qui en deviennent hasardeuses ; unicité de l'aspect d'une situation que l'on considère (la chute du sportif et non la sustentation du ballon), favorisée par la structure chronologique du texte. On croise et recroise ici « la malheureuse tendance à traiter les problèmes de façon isolée » dont parle Kahneman (2012, 14)⁵.

L'analyse qui précède suggère une ligne d'action pour la minimisation des risques d'un enseignement de type *EIST* : maximiser les liens conceptuels, les rapprochements, les confrontations (Viennot 2011b⁶). A lire Igor Kluvánek (cité par Nillsen 2009), il s'agit là d'une nécessité centrale pour la compréhension-même, au-delà du désir de présenter la science comme largement unifiée : « Une personne ne comprend une information dont elle dispose que si elle saisit les liens, les relations entre les phénomènes, entre les concepts et les idées auxquelles l'information fait référence »⁷.

La façon traditionnelle de maximiser les liens conceptuels est certes l'enseignement dit « classique », qui, pour dire vite, se fonde d'emblée sur une architecture intellectuelle, via l'introduction de concepts et de lois. Une première question est, à tout niveau, celle du dosage souhaitable pour un tel apport. Les analyses présentées ici ne plaident pas, c'est le moins que l'on puisse dire, pour l'idée que la structuration conceptuelle se fera d'elle-même pour le domaine abordé. Le guidage de la démarche d'investigation par le professeur, plus largement par l'institution, ne saurait exclure un apport conceptuel assumé et structuré, au-delà de déclarations de principe. Faute de cela, les ambitions affichées pour l'*EIST* en matière de raisonnement, de mise en liens, d'esprit critique et probablement aussi d'appétence pourraient bien préparer de cruelles désillusions.

Il est bien sûr possible de favoriser les mises en relation même en l'absence de symbolisation formelle, via la constitution de familles de phénomènes. Ceci constitue un élément fort de structuration. Par exemple ici, rapprocher flottaison dans l'eau et flottaison dans l'air suggère la question, à propos de la montgolfière « hors atmosphère » : flotterait-on sans eau ? De même, dans l'hypothèse où la mise en lien des phénomènes serait un objectif effectif de l'*EIST*, on pourrait imaginer qu'à l'issue des manipulations sur la conduction thermique via divers matériaux, les élèves puissent accéder à, et formuler, l'idée que la *surface d'interface*⁸ est, pour ce phénomène, une variable essentielle, plutôt que de se limiter à des constatations ponctuelles et dépourvues de toute explication sur tel ou tel matériau?

⁴ Notre traduction pour : "It is necessary to warn against a possible experimentalist reductionism: experimental testing is not sufficient basis to accept or reject a hypothesis; we need to verify the existence or not, of the global coherence of these results with the available body of knowledge."

⁵ Notre traduction pour : "(...) the unfortunate tendency to treat problems in isolation"

⁶ Chapitres 5 et 6.

⁷ Notre traduction pour : « And yet, a person understands some information available to him or her only if he or she grasps the connections, the relationships, between phenomena, concepts and ideas to which the information refers."

⁸ D'où l'intérêt d'en minimiser la valeur pour un volume donné du corps à isoler, si l'on veut réduire l'échange thermique entre ce corps et l'extérieur : de nombreux exemples sont disponibles, notamment le comportement des troupeaux de moutons par temps froid.

Dans une visée d'accès à une première image de la science, la mise en relation de « résultats » apparemment contradictoires n'est pas moins utile. Elle est constitutive de l'avancée de la science. L'exemple de l'aluminium est typique de ce point de vue. C'est dans la rébellion intellectuelle que l'inspecteur Lazerges appelait de ses vœux que l'intelligence devient exigeante, et qu'elle amène à aller au-delà du sens commun.

Remarques finales

Ces quelques éléments de réflexion, sur la base d'exemples de textes rédigés en appui à un enseignement de type *EIST* ou apparenté, pourraient s'accompagner de regrets et conduire à réclamer simplement plus de vigilance de la part des concepteurs. Ici, la proposition est de prendre plutôt ces faits comme des symptômes de phénomènes dont l'apparition répond à des facteurs de risques identifiables.

Les contradictions observées témoignent en particulier de la tolérance impressionnante des experts à l'incohérence. Il faut, à ce propos, noter le caractère conjectural des hypothèses interprétatives avancées à ce propos. L'idée d'anesthésie du jugement n'est que la retraduction imagée des observations faites. Il reste à conduire, à ce propos, des études approfondies.

Quoi qu'il en soit, il est probable que l'essentiel des phénomènes observés tiennent avant tout aux principes mêmes de l'*EIST*, et à la doxa en cours sur la démarche d'investigation. S'il s'agit de partir de situations problématiques que l'élève est chargé de démêler ou d'exploiter sans disposer d'un outillage conceptuel minimal, il peut arriver que soit valorisée toute chaîne argumentative d'allure raisonnable, sans trop s'attarder à ce qui pourrait troubler la fête. Or nous le disions en introduction : si la physique peut bien être une fête intellectuelle, elle ne se laisse pas pour autant enfermer dans la simplicité requise. Le prix à payer pour jouir de sa remarquable compacité théorique, c'est la conceptualisation et le travail théorique sur la base de lois. Comme le rappelait récemment M. Bächtold (2012, 21), « l'expérience 'sous-détermine' la théorie ». L'attitude des prescripteurs relativement à cette idée est un enjeu important pour une limitation des risques liés aux situations de type *EIST* préconisées.

Si, pour éviter le pointillisme qui menace diverses formes « d'investigation », on retient l'idée de l'importance cruciale d'établir des liens et des confrontations, il faut expérimenter auprès des élèves diverses approches compatibles avec cet objectif. La satisfaction intellectuelle qui peut en résulter chez ceux qui apprennent est un aspect décisif à prendre en compte dans ce débat. Ceci rend urgent la conduite d'investigations de recherche sur cette articulation entre aspects affectifs et intellectuels. L'envers de cette médaille est bien entendu l'assertion symétrique, qui nous contraint à envisager l'éventuelle lassitude intellectuelle d'élèves insatisfaits ou - qui sait ? -, plus affectés par l'incohérence qu'on ne le suppose généralement.

Les pages qui précèdent pointent la manière dont les risques afférents à l'*EIST* se manifestent chez les concepteurs eux-mêmes. Qu'en est-il chez les enseignants concernés ? Le récent rapport de M. Coquidé (2011) témoigne amplement, à travers les réactions d'enseignants engagés en *EIST*, de risques similaires à ceux relevés ici. On ne saurait s'en étonner, compte tenu de ce qui précède. Les observations dont nous faisons état rejoignent celles de cet auteur et d'autres rassemblées dans le livre dirigé par B. Calmettes (2012) sur la démarche d'investigation. Notamment, l'importance de promouvoir chez les enseignants une réflexion épistémologique sur ce thème y est largement soulignée. Gommer les difficultés intrinsèques du projet *EIST* reviendrait à ouvrir largement les portes à des aventures du type de celles rapportées ici.

Références

- Académie des Sciences- MEN-DGESCO (2010) Séance de classe au collège des Ancizes. In *Apprendre la science et la technologie au collège, 6me-5me*. DVD vidéo, SCEREN (CNDP-CRDP)
- Bachelard G. (1938) *La formation de l'esprit scientifique*. Paris :Vrin.
- Bächtold, M. (2012) Les fondements des sciences basés sur l'investigation, *Tréma* 38, 7-39
- Boizier, C. (2012) *Difficultés associées à l'usage d'un texte historique de première main : Travail sur la description de l'expérience démontrant la composition de l'air par Lavoisier en classe de quatrième*. Master de didactique des disciplines. Université Paris Diderot-Paris 7.
- Calmettes, B. (dir.) (2012) *Didactique et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation*. Paris : L'Harmattan.
- Colin, P. (2011) Enseignement et vulgarisation scientifique : une frontière en cours d'effacement ? Une étude de cas autour de l'effet de serre. *Spirale* n°48, 63-84.
- Coquidé, M. (2011) *Etude sur l'élargissement de la spécialité enseignante dans l'enseignement intégré de science et de technologie (EIST) au collège*. Institut français de l'éducation, Lyon
- Guyon, E., Pedregosa, A. & Salviat, B. (2010) *Matière et matériaux, De quoi est fait le monde ?* Paris : Bélin Pour la science, 271.
- Kahneman, D. (2012) *Thinking Fast and Slow*. London Penguin books.
- Lavoisier, A. L. (1789) *Analyse de l'air de l'atmosphère*, Traité élémentaire de chimie, partie I, chapitre III.
- Lazerges, G. (1953) *Enseignement et organisation du travail dans les sciences physiques*, Conférence faire à Sèvres le 19 Septembre 1953 .
- Léna, P. (2010) *Préface* In : E. Guyon, A. Pedregosa & B. Salviat, *Matière et matériaux, De quoi est fait le monde ?* Paris : Bélin Pour la science.
- Marchand, A., Weijs, J. H., Snoeijer, J.H. & Andreotti, B. (2011) Why is surface tension parallel to the interface, *American Journal of Physics*, 999-1008.
- MEN (2007) *De quoi est fait le monde ? Matière et matériaux. Guide 6e*. Paris : Académie des sciences, Académie des technologies, Ministère de l'Éducation Nationale.
- MEN (2007) *Comment fonctionne le monde ? Énergie et énergies. Guide 5e*. Paris : Académie des sciences, Académie des technologies, Ministère de l'Éducation Nationale.
- MEN-DGESCO (2010) *Ressources pour la classe de seconde générale et technologique. Physique-Chimie Thème Sport*. Record du monde de vitesse en chute libre http://cache.media.eduscol.education.fr/file/SPC/92/8/LyceesGT_Ressources_2_Commun_SP_C_Sport_149928.pdf
- MEN (2011) *Un enseignement intégré de science & technologie au collège (6e et 5e). Guide de découverte*. Paris : Académie des sciences, Académie des technologies, Ministère de l'Éducation Nationale.
- Nillsen, R. (2009) Can the Love of Learning be Taught? *The Pantaneto forum*, [Issue 36: October 2009](#)
- Ogborn, J. (1997) Constructivist metaphors in science learning. *Science and Education*, 6(1-2), 121-133.
- Rozier S. & Viennot L. 1991, Students' reasoning in thermodynamics, *International Journal of Science Education*, Vol 13 n°2, 159-170.
- Serres, M. (2010) Postface In : E. Guyon, A. Pedregosa & B. Salviat. *Matière et matériaux, De quoi est fait le monde ?* Paris : Bélin-Pour la science, 327.
- Viennot, L. (2006) Teaching rituals and students' intellectual satisfaction, *Phys. Educ.* 41, 400-408. <http://stacks.iop.org/0031-9120/41/400>

- Viennot, L. (2007) La physique dans la culture scientifique : entre raisonnement, récits et rituels, *Aster* 44, 23-40.
- Viennot, L. (2010) Physics education research and inquiry-based teaching : a question of didactical consistency, In K. Kortland (ed.): *Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education*. Utrecht: Cdβ press, 37-54.
- Viennot, L. (2011a) L'explication-écho : forme privilégiée du rapprochement entre vulgarisation et enseignement, *Spirale* n°48, 85-10.
- Viennot, L. (2011b) *En physique, pour comprendre*. Collection Grenoble Sciences. Paris : EDP Sciences.
- Vilches, A. & Gil-Pérez, D. (2012) The supremacy of the constructivist approach in the field of physics education: myths and real challenges. *Tréma* 38, 87-106.

Annexe :

Un document (MEN- DGESCO 2010) en appui au thème du sport pour la classe de seconde : réactions d'enseignants

Encadré 1- L'extrait analysé

Record du monde de vitesse en chute libre

Situation déclenchante / Support de travail : Extrait d'un article de presse sur la tentative de record de vitesse en chute libre de Michel Fournier

« Michel Fournier, 58 ans, ancien instructeur parachutiste de l'armée française, a annoncé son intention d'effectuer en

septembre un saut en chute libre de 40 000 mètres d'altitude au-dessus du Canada. «Ce qui m'intéresse au premier chef c'est le record et le challenge physique que représente ce saut», a déclaré Michel

Fournier à Paris. Pour réaliser cet exploit, il sera équipé d'une combinaison pressurisée proche de celles utilisées par les astronautes mais

modifiée pour résister à des températures extrêmement basses (moins 110 degrés Celsius) et équipée d'un parachute. Il atteindra l'altitude de 40 000 mètres en trois heures environ, à bord d'une nacelle, elle aussi pressurisée, et tirée par un ballon gonflé à l'hélium. La durée du saut est évaluée à six minutes vingt-cinq secondes. En l'absence de pression atmosphérique, Fournier dépassera la vitesse du son (1067 kilomètres/heure) trente secondes environ après son départ en position verticale. Il sera ensuite progressivement freiné dans sa chute par la densification de l'air. Il pourra alors reprendre une position horizontale et ouvrir son parachute à une altitude de 1000 mètres. Pour des raisons de sécurité, le saut aura lieu dans le nord du Canada, au-dessus de la base de Saskatoon, dans une zone où la densité de population est très réduite. Le record est actuellement détenu par l'Américain Joseph Kittinger, qui, en août 1960, avait sauté d'une nacelle à 30 840 mètres ».

D'après l'édition Internet du vendredi 12 juillet 2002 du Quotidien Québécois « Le Devoir ».

Exemple de consignes données à l'élève

En utilisant vos connaissances du 2, expliquez en quelques phrases pourquoi il est nécessaire de sauter d'une telle altitude.

« Il atteindra l'altitude de 40 000 mètres en trois heures environ, à bord d'une nacelle, elle aussi pressurisée, et tirée par un ballon gonflé à l'hélium » : Pourquoi ne pas avoir sauté d'un avion ?

« Il pourra alors reprendre une position horizontale » : Expliquez le sens de cette phrase.

Comparer la vitesse de Michel Fournier au bout de ses 30 premières secondes de chute à celle d'un parachutiste sautant d'un avion. Commentez.

Compétences attendues

Utiliser le principe d'inertie pour interpréter des mouvements simples en termes de forces.

Extraire / commenter des informations pertinentes dans l'actualité.

Encadré 2- Analyse thématique des questions suggérées, à l'intention d'élèves de seconde ou plus, par des enseignants de physique en formation (23 « moniteurs », Université Paris Diderot) ou en cours de carrière (6), à propos du texte cité en Encadré 1

Thème*	Nombre de Personnes / questions (N _i = 29)	
Conditions générales du record	4	4
Physique de l'atmosphère		
Pressurisation	11	18
Dépendances de pression et/ou température à l'altitude	11	17
<i>Total atmosphère</i>	18	35
Physique de la vitesse du son	7	10
Montée		
Vitesse montée	10	12
Pourquoi l'hélium ?	14	17
Pourquoi le ballon enfle-t-il ?	2	2
Existence d'une limite d'altitude atteinte ?	2	2
<i>Total montée</i>	21	34
Descente		
Qu'est-ce qu'une chute libre ?	10	12
Description/ analyse du mouvement de chute	18	48
Relation chute /vitesse son	7	8
<i>Total descente</i>	23	68
Autres	5	7

*Les thèmes retenus pour cette classification répondent à l'interrogation principale : la critique de l'expression « absence de pression atmosphérique » en situation de sustentation. Ils recouvrent l'ensemble des réponses.
